



04.00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor: Deutsch, Bernhard et al.

Serial No: 10/016,316

Filing Date: 12/10/01

Title: Lightwave Guide Cable and  
Process for Carrying an Optical  
Signal, Especially With Respect to  
Multiple Waveguide Techniques

Group Art Unit: TBA

Examiner: TBA

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER  
35 U.S.C. §119(a)-(d)

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY

In the above-referenced application, Applicant requests that the record reflect our claim to priority under 35 U.S.C. §119(a)-(d) to German Patent Application No. 100 61 836.7, filed December 12, 2000. This priority claim was made in the Declaration executed by Bernhard A.M. Deutsch on November 28, 2001. A certified copy of the German application is sent herewith.

January 22, 2002  
Date

<b>CERTIFICATE OF MAILING UNDER 37 C.F.R. § 1.8</b>	
I hereby certify that this paper and any papers referred to herein are being deposited with the U.S. Postal Service, as first class mail, postage prepaid, addressed to the Assistant Commissioner of Patents, Washington, DC 20231 on	
<u>Jan 22, 2002</u> Date	<u>Walter M. Douglas</u> Date
Walter M. Douglas	

Respectfully submitted,  
CORNING INCORPORATED

Walter M. Douglas  
Walter M. Douglas  
Registration No. 34,510  
Corning Incorporated  
Patent Department  
Mail Stop SP-TI-03-1  
Corning, NY 14831

BEST AVAILABLE COPY

## **Lichtwellenleiterkabel und Verfahren zum Übertragen von optischen Signalen, insbesondere nach der Wellenlängenmultiplextechnik**

Die Erfindung betrifft ein Lichtwellenleiterkabel, insbesondere zum Übertragen von optischen Signalen nach der Wellenlängenmultiplextechnik. Die Erfindung bezieht  
5 sich ferner auf ein Verfahren zur Übertragung von optischen Signalen, bei dem ein solches Lichtwellenleiterkabel Anwendung findet.

Für die Übertragung von Daten finden zunehmend Lichtwellenleiter (LwL) Anwendung. Die in der Regel aus Glasfaser oder Kunststoff bestehenden Lichtwellenleiter sind weitgehend unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen und  
10 zeichnen sich zudem durch sehr hohe Übertragungsraten von bis zu mehreren Gbit/s aus. Ein Lichtwellenleiter ist aus einer dünnen, zylindrischen Faser aus einem sehr transparenten, dielektrischen Material, wie etwa dotiertem Quarzglas ( $\text{SiO}_2$ ), dem sogenannten Kernglas, einem diesen umgebenden Mantel, dem sogenannten Mantelglas, und einer vor mechanischen Einflüssen schützenden, im  
15 allgemeinen ein- oder zweilagigen Beschichtung, der sogenannten Primärbeschichtung, aufgebaut. Ein Lichtwellenleiterkabel setzt sich aus einem oder mehreren Lichtwellenleiter zusammen, die von einem gemeinsamen Kabelmantel aus gewöhnlich Kunststoff, der sogenannten Sekundärbeschichtung, welche die Lichtwellenleiter vor mechanischen, thermischen und chemischen Einflüssen während der Verlegung und dem Betrieb zusätzlich schützt, umhüllt sind.  
20

Die in der Regel als elektrisches Signal vorliegenden Daten werden für die Übertragung mittels eines Lichtwellenleiters durch einen optischen Sender, etwa eine Laserdiode, in ein optisches Signal, das heißt einen Lichtstrahl bestimmter Wellenlänge, umgewandelt. Der so mit den zu übertragenden Daten modulierte Lichtstrahl nimmt seinen Weg durch den Lichtwellenleiter, indem er an der Grenzschicht zwischen Kernglas und Mantelglas total reflektiert wird, wenn das Licht unterhalb eines bestimmten Winkels, dem Akzeptanzwinkel, in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird. Der Lichtstrahl folgt auf diese Weise auch Krümmungen des Lichtwellenleiters. Ursächlich hierfür ist, daß das Kernglas und das Mantelglas aus  
25 Materialien gefertigt sind, die unterschiedliche optische Dichten aufweisen. Nach  
30

Übertragung des optischen Signals durch den Lichtwellenleiter wird dieses zur Weiterverarbeitung wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Die Übertragung des optischen Signals mittels eines Lichtwellenleiters beruht auf einer Amplituden-, Frequenz- oder Phasenmodulation eines Lichtstrahls bestimmter Wellenlänge. Um die Übertragungskapazität eines Lichtwellenleiters besser auszunutzen, findet die sogenannte Wellenlängenmultiplextechnik (WDM) Anwendung, bei der unterschiedliche Wellenlängen moduliert werden, das heißt es werden unterschiedliche Wellenlängen zur parallelen Übertragung mehrerer Signale genutzt. Ein optisches Koppellement, der sogenannte Wellenlängen-Multiplexer, bündelt die verschiedenen Wellenlängen zu einem Wellenlängenmultiplexsignal, das dann über den Lichtwellenleiter zum Empfangsort übertragen und dort durch einen Wellenlängen-Demultiplexer, beispielsweise Filter, wieder in die einzelnen optischen Signale aufgeteilt wird. Die Wellenlängenmultiplextechnik ist sowohl für den uni- als auch bidirektionalen Betrieb geeignet und nutzt gewöhnlich Wellenlängen in optischen Fenstern bei 850 nm, 1300 nm und 1550 nm.

Nach der Art der Führung eines Lichtstrahls im Kernglas lassen sich die Lichtwellenleiter in Monomodefasern (Einmodenfaser) und Multimodefasern unterteilen. Bei Monomodefasern liegt der Durchmesser des Kernglas in der Größenordnung der Wellenlänge des Lichts, so daß sich nur ein einziger Modus, der sogenannte Grundmodus, im Kernglas ausbreiten kann. Der Modus strahlt jedoch auch über das Kernglas hinaus in das Mantelglas hinein. Zur Kennzeichnung der Lichtverteilung einer Mode dient daher der Modenfelddurchmesser, der die Höhe angibt, bei welcher die Feldamplitude des Lichtstrahls auf das 1/e-fache (ca. 37 %) ihres Maximalwertes abgefallen ist.

Bei Multimodefasern hingegen tragen mehrere diskrete Lichtwellen, die sich vornehmlich in der Feldverteilung und der Ausbreitungsgeschwindigkeit unterscheidenden Moden, zur Signalübertragung bei. Je nach Art der Ausgestaltung der Brechzahl des Kernglas lassen sich die Multimodefasern in Stufenprofilfasern, bei denen Kernglas und Mantelglas eine konstante Brechzahl aufweisen, und Gradientenprofilfasern, bei denen die Brechzahl des Kernglas nach außen hin abnimmt, unterteilen. Bei den Stufenprofilfasern breitet sich das Licht nicht parallel in axialer Richtung des Lichtwellenleiters aus, sondern wird zwischen Kernglas und

Mantelglas reflektiert. Dies hat zur Folge, daß sich eine Zick-Zack-Bewegung ergibt und die einzelnen Moden unterschiedliche Wegstrecken zurücklegen. Durch diese Laufzeitunterschiede der Moden entsteht eine Verbreiterung des Lichtimpulses, die sogenannte Modendispersion, welche meist zusammen mit einer chromatischen Dispersion die Bandbreite des Lichtwellenleiters beschränkt. Um dies zu vermeiden, ist bei den Gradientenprofilfasern ein festgelegter Verlauf der Brechzahl im Kernglas vorgesehen mit der Folge, daß das Licht im Kernglas gebeugt wird. Auf diese Weise entsteht anstelle eines zick-zack-förmigen Verlaufs eine wellenförmige Bewegung des sich im Kernglas ausbreitenden Lichts, bei der längere Wegstrecken durch eine höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit ausgeglichen werden.

Das Übertragungsvermögen eines Lichtwellenleiters ist neben der durch die Dispersion beeinflussten Bandbreite hauptsächlich durch die wellenlängenabhängige Dämpfung, das heißt den Energieverlust des Lichtstrahls im Verlauf einer Übertragungsstrecke aufgrund von Streuung und Absorption, gekennzeichnet. Bei langen Übertragungsstrecken werden daher häufig Verstärker, wie etwa faseroptische Verstärker, oder regenerierende Repeater in bestimmten Abständen eingesetzt.

Um eine hohe Reichweite der Übertragung zu erreichen, ist es zudem vorteilhaft, das optische Signal mit hoher Leistung in den Lichtwellenleiter einzukoppeln. Die Leistung, die in einen Lichtwellenleiter eingespeist werden kann, ist jedoch durch das Auftreten von Nichtlinearitäten, wie etwa der sogenannten Vierwellenmischung, begrenzt. Die durch das Auftreten dieser nichtlinearen Störungen gekennzeichnete Leistungsobergrenze kann zwar mittels einer Verminderung der Leistungsdichte des Lichtwellenleiters, etwa durch einen größeren Durchmesser des Kernglases, und dem Vorsehen einer Kumulation der nichtlinearen Störungen vermeidenden Dispersion im genutzten Übertragungsband erhöht werden. Diese Erhöhung ist aber dadurch beschränkt, daß eine zu hohe Dispersion eine lineare Aufweitung der überlicherweise mit einer Bitrate von 10 Gbit/s je Wellenlänge über eine 60 bis 80 km lange Übertragungsstrecke zu übertragenden Signale hervorruft.

Im Stand der Technik ist es deshalb bekannt, nach ITU G 655 genormte Fasern, sogenannte „Non-Zero-dispersion-shifted-Fasern“ (NZDS-Faser), einzusetzen, die

aufgrund ihrer speziellen Ausgestaltung über eine Dispersion von 2 ps/(nm·km) bis 5 ps/(nm·km) in einem Übertragungsband mit Wellenlängen um 1550 nm verfügen. Nachteilig hierbei ist eine im Vergleich zu etwa herkömmlichen Monomodefasern, die in der Regel eine Dämpfung von ca. 0,20 dB/km aufweisen, erhöhte  
5 Dämpfung von beispielsweise 0,23 dB/km. Aus dem Aufsatz von Ten et al.: Viable dispersion management scheme with standard and NZDSF fibers for 10 Gb/s wdm systems, ECOC 20 bis 24. September 1998, Madrid, ist es ferner bekannt, Abschnitte mit Fasern positiver und negativer Dispersion abwechselnd hintereinander anzuordnen, um so im Mittel die gewünschte Dispersion zu erhalten. Das Vorse-  
10 hen eines derart ausgestalteten Lichtwellenleiterkabels ist jedoch mit einem vergleichsweise hohen Aufwand verbunden und in wirtschaftlicher Hinsicht unbefriedigend.

Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Lichtwellenleiterkabel zu schaffen, mit dem sich bei relativ geringer Dämpfung eine Nichtlinearitäten vermeidende  
15 Dispersion auf einfache Weise erzielen läßt. Darüber hinaus soll ein Verfahren zum Übertragen von optischen Signalen bereitgestellt werden, bei dem ein solches Lichtwellenleiterkabel Anwendung findet.

Zur **Lösung** dieser Aufgabe wird ein Lichtwellenleiterkabel, insbesondere zum Übertragen von optischen Signalen nach der Wellenlängenmultiplextechnik, mit  
20 wenigstens einem ersten Abschnitt, der Fasern eines ersten Typs aufweist, und wenigstens einem zweiten Abschnitt, der Fasern eines zweiten Typs aufweist, vorgeschlagen, wobei die Fasern des ersten Typs an wenigstens einer Übergangsstelle zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt mit den Fasern des zweiten Typs verbunden sind und wobei die Fasern des ersten Typs einen größeren  
25 Modenfelddurchmesser und eine höhere Dispersion aufweisen als die Fasern des zweiten Typs.

Ein solchermaßen ausgebildetes Lichtwellenleiterkabel macht sich die Erkenntnis zu eigen, daß unerwünschte Nichtlinearitäten überwiegend in einem sich an den das optische Signal mit hoher Leistung einspeisenden Sender oder Verstärker  
30 anschließenden Bereich eines Lichtwellenleiters auftreten. Ursächlich hierfür ist, daß aufgrund der unausbleiblich bei Lichtwellenleiter auftretenden Dämpfung ein Leistungsverlust eintritt, der nach einer gewissen Übertragungsstrecke die Leistung

des eingespeisten Signals derart verringert, daß das Auftreten von Nichtlinearitäten vernachlässigbar wird. So ergibt sich etwa bei einer relativ geringen Dämpfung eines Lichtwellenleiters von nur 0,2 dB/km bereits nach 15 bis 30 km eine Dämpfung von insgesamt 3 dB bis 6 dB, welche die Leistung des eingespeisten Signals  
5 deutlich verringert.

Bei dem erfindungsgemäßen Lichtwellenleiterkabel wird durch den ersten Abschnitt, der Fasern eines ersten Typs mit einem vergleichsweise großen Modenfelddurchmesser und einer relativ hohen Dispersion aufweist, eine Hochpegelfaser bereitgestellt, durch die das Auftreten von Nichtlinearitäten in dem durch eine noch  
10 vergleichsweise hohe Leistung des eingespeisten Signals gekennzeichneten Bereich im Anschluß an einen Sender oder Verstärker unterbunden. Dagegen ermöglicht der zweite Abschnitt, der als Niederpegelfaser ausgebildete Fasern eines zweiten Typs mit einem kleineren, soll heißen normalen Modenfelddurchmesser und einer geringeren Dispersion, daß ab der Stelle der Übertragungsstrecke, an  
15 der die Nichtlinearitäten zu vernachlässigen sind, eine in Hinsicht auf eine Übertragung hoher Bitraten günstige Dispersion vorhanden ist.

Von besonderem Vorteil ist es, den zweiten Abschnitt zwischen zwei ersten Abschnitten anzuordnen. Denn auf diese Weise läßt sich eine symmetrische Anordnung der Form „Hochpegelfaser-Niederpegelfaser-Hochpegelfaser“ erreichen, die  
20 das Einspeisen eines optischen Signals hoher Leistung von beiden Enden des Lichtwellenleiterkabels her gestattet und sich damit für einen bidirektionalen Betrieb eignet. Im Unterschied zu den bekannten Ausführungsformen setzt sich das erfindungsgemäße Lichtwellenleiterkabel somit bei unidirektionalem Betrieb aus nur zwei und bei bidirektionalem Betrieb aus nur drei aneinandergereihten Ab-  
25 schnitten zusammen und ist daher vergleichsweise kostengünstig zu fertigen.

In Hinsicht auf die gängigen Übertragungsverfahren ist es zweckmäßig, wenn die als Hochpegelfaser ausgebildeten Fasern des ersten Typs bei einer Wellenlänge von 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 8  $\mu\text{m}$  und die als Niederpegelfaser ausgebildeten Fasern des zweiten Typs bei einer Wellenlänge von  
30 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 6  $\mu\text{m}$  aufweisen. Um Spleißverluste bei der Verbindung der Fasern des ersten Typs mit den Fasern des zweiten Typs an der Übergangsstelle zwischen erstem und zweitem Abschnitt zu ver-

meiden, hat es sich ferner als zweckmäßig herausgestellt, wenn der Modenfeld-  
durchmesser der Fasern des zweiten Typs um weniger als  $3\text{ }\mu\text{m}$  kleiner ist als der  
Modenfelddurchmesser der Fasern des ersten Typs.

5 Vorteilhaft in Hinsicht auf eine praxisgerechte Ausgestaltung ist es zudem, wenn  
die Dispersion der als Hochpegelfaser ausgebildeten Fasern des ersten Typs in  
einem Übertragungsband von  $1525\text{ nm}$  bis  $1625\text{ nm}$  zwischen  $12\text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$  und  
22  $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$  und die Dispersion der als Niederpegelfaser ausgebildeten Fasern  
des zweiten Typs in einem Übertragungsband von  $1525\text{ nm}$  bis  $1625\text{ nm}$  zwischen  
0  $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$  und  $12\text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$  beträgt. Von Vorteil ist überdies, an der Über-  
10 gangsstelle zwischen den Fasern des ersten Typs und den Fasern des zweiten  
Typs ein Übergangsstück vorzusehen, das den Durchmesser des Kernglases der  
Hochpegelfasern über eine festgelegte Länge des Lichtwellenleiterkabels allmäh-  
lich auf den Durchmesser des Kernglases der Niederpegelfasern reduziert. Ein  
solches, sich im allgemeinen in Richtung auf den kleineren Durchmesser konisch  
15 verjüngendes Übergangsstück läßt sich beispielsweise durch einen Schmelzspieß  
beziehungsweise Fusionsspieß realisieren, bei dem durch Ziehen des Endes der  
Hochpegelfaser über eine Strecke von in der Regel mehr als 100 Wellenlängen  
ein allmählicher Übergang auf den Kerndurchmesser der Niederpegelfaser er-  
reicht wird.

20 In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Lichtwellenleiterka-  
bels ist der erste und/oder der zweite Abschnitt sowohl mit Fasern des ersten Typs  
als auch mit Fasern des zweiten Typs versehen, um eine einheitliche und damit zu  
einer einfachen Fertigung beitragende Kabelstruktur sicherzustellen. Vorteilhaft-  
erweise sind in diesem Fall die Fasern des ersten Typs und die Fasern des zwei-  
25 ten Typs in voneinander separierten Gruppen angeordnet, so daß sich eine ein-  
deutige Zuordnung und Identifizierung von Hochpegelfasern und Niederpegelfa-  
sern gewährleisten lassen. Zu diesem Zweck ist es überdies vorteilhaft, wenn die  
Fasern des ersten Typs und die Fasern des zweiten Typs jeweils als Faserbündel,  
Faserbändchen oder Bündeladern ausgebildet sind.

30 Zur **Lösung** der obigen Aufgabe wird außerdem ein Verfahren zum Übertragen  
von optischen Signalen, insbesondere nach der Wellenlängenmultiplextechnik,

angegeben, bei dem die zu übertragenden optischen Signale in Fasern eines ersten Typs, die in einem ersten Abschnitt eines Lichtwellenleiterkabels vorgesehen sind, eingekoppelt und nach einer bestimmten Übertragungsstrecke in Fasern eines zweiten Typs, die in einem zweiten Abschnitt des Lichtwellenleiterkabels vorgesehen sind, geleitet werden, wobei die Fasern des ersten Typs an wenigstens einer Übergangsstelle zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt mit den Fasern des zweiten Typs verbunden sind und wobei die Fasern des ersten Typs einen größeren Modenfelddurchmesser und eine höhere Dispersion aufweisen als die Fasern des zweiten Typs.

10 Ein solches Verfahren macht sich die zuvor beschriebenen Vorteile des erfindungsgemäßen Lichtwellenleiterkabels zu nutze, um bei einer relativ geringen Dämpfung des Lichtwellenleiterkabels eine Nichtlinearitäten vermeidende Dispersion auf einfache Weise zu erreichen.

15 In Weiterbildung dieses Verfahrens wird darüber hinaus vorgeschlagen, daß die zu übertragenden optischen Signale nach einer bestimmten Übertragungsstrecke durch die Fasern des zweiten Typs des zweiten Abschnitts in Fasern des ersten Typs eines weiteren ersten Abschnitts geleitet werden, um einen bidirektionalen Betrieb zu ermöglichen. Schließlich wird vorgeschlagen, daß die einzelnen Lichtwellenleiter des Lichtwellenleiterkabels durch eine Anschlußfaser, eine mit einem  
20 Steckverbinder vorkonfektionierte sogenannte Pigtail, oder ein Patchkabel, ein fertig konfektioniertes Anschlußkabel mit für Simplex- oder Duplextechnik ausgestalteten Steckertypen, an einen Sender, einen Empfänger oder einen zwischen Sender und Empfänger vorgesehenen Verstärker gekoppelt werden. Dies bietet den Vorteil, daß auch ein Lichtwellenleiterkabel mit ersten und zweiten Abschnitten, die sowohl Fasern des ersten Typs als auch Fasern des zweiten Typs aufweisen, mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand anschließbar ist.  
25

Einzelheiten und weitere Vorteile des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zweier bevorzugter Ausführungsbeispiele. In der zugehörigen Zeichnung veranschaulichen im einzelnen:



- Fig. 1a eine schematische Darstellung einer durch ein herkömmliches Lichtwellenleiterkabel mit beispielsweise Monomode- oder NZDS-Fasern gebildeten Übertragungsstrecke;
- 5 Fig. 1b eine schematische Darstellung einer durch ein herkömmliches Lichtwellenleiterkabel mit abwechselnden Abschnitten von Fasern positiver und negativer Dispersion gebildeten Übertragungsstrecke;
- Fig. 2a eine schematische Darstellung einer durch ein Lichtwellenleiterkabel einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildeten Übertragungsstrecke;
- 10 Fig. 2b eine schematische Darstellung einer durch ein Lichtwellenleiterkabel einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildeten Übertragungsstrecke;
- Fig. 2c eine Darstellung gemäß Fig. 2b, die eine Übergangsstelle zwischen Abschnitten des Lichtwellenleiterkabels der zweiten Ausführungsform näher zeigt;
- 15 Fig. 3a einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Lichtwellenleiterkabel mit zu Bündeladern gruppierten Fasern und
- Fig. 3b einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Lichtwellenleiterkabel mit zu Faserbündchen gruppierten Fasern.
- 20 Für die in Fig. 1a dargestellte, aus Abschnitten c zusammengesetzte Übertragungsstrecke findet ein herkömmliches Lichtwellenleiterkabel Anwendung, das in den Abschnitten c jeweils aus Fasern eines einzigen Typs, beispielsweise Monomodefasern oder NZDS-Fasern, besteht. Einer solchen Übertragungsstrecke haften vor allem bei einem mit hoher Leistung eingekoppelten optischen Signal die
- 25 eingangs beschriebenen Nachteile, wie etwa das Auftreten von Nichtlinearitäten, an. Die in Fig. 1b dargestellte Übertragungsstrecke ist zwar aus einem Lichtwellenleiterkabel gebildet, bei dem sich Abschnitte d1 mit Fasern positiver Dispersion und Abschnitte d2 mit Fasern negativer Dispersion einander abwechseln, um so im Mittel eine Nichtlinearitäten vermeidende Dispersion zu erhalten. Ein solches

Kabelmanagement ist aber durch eine aufwendige und in wirtschaftlicher Hinsicht unbefriedigende Fertigung des Lichtwellenleiterkabels gekennzeichnet.

Im Unterschied hierzu besteht die in Fig. 2a gezeigte Übertragungsstrecke aus einem Lichtwellenleiterkabel, das sich aus einem ersten Abschnitt a und einem zweiten Abschnitt b zusammensetzt. Der Abschnitt a weist Fasern eines ersten Typs H auf, die mit einem verhältnismäßig großen Modenfelddurchmesser und einer vergleichsweise hohen Dispersion als Hochpegelfasern ausgebildet sind. Dagegen weist der Abschnitt b Fasern eines zweiten Typs N auf, die mit einem kleineren Modenfelddurchmesser und einer geringeren Dispersion versehen als Niederpegelfasern ausgebildet sind. An der Übergangsstelle U zwischen dem Abschnitt a und dem Abschnitt b sind die Fasern des ersten Typs H durch einen Fusionsspleiß mit den Fasern des zweiten Typs N verbunden. Durch den Fusionsspleiß wird eine geringe Spleißdämpfung mit Werten zwischen beispielsweise 0,03 dB und 0,3 dB sichergestellt.

Die Fasern des ersten Typs H sind derart ausgebildet, daß sie bei einer Wellenlänge von 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 8  $\mu\text{m}$  aufweisen und die Dispersion im Übertragungsband von 1525 nm bis 1625 nm zwischen 12 ps/(nm·km) und 22 ps/(nm·km) beträgt. Im Vergleich hierzu weisen die Fasern des zweiten Typs N bei einer Wellenlänge von 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 6  $\mu\text{m}$  auf, wobei die Differenz der Modenfelddurchmesser der Fasern des ersten Typs H und der Fasern des zweiten Typs N weniger als 3  $\mu\text{m}$  beträgt. Die Fasern des zweiten Typs N sind ferner so ausgestaltet, daß die Dispersion im Übertragungsband von 1525 nm bis 1625 nm einen Betrag zwischen 0 ps/(nm·km) und 12 ps/(nm·km) hat.

Werden durch einen Sender S oder einen Verstärker V optische Signale in die Fasern H des Abschnitts a mit hoher Leistung eingekoppelt, so wird das Auftreten von Nichtlinearitäten aufgrund des verhältnismäßig großen Modenfelddurchmessers und der vergleichsweise hohen Dispersion der als Hochpegelfasern ausgebildeten Fasern H wirksam verhindert. Aufgrund der unvermeidlichen Dämpfung wird die Energie, also die Lichtleistung, des optischen Signals im Verlauf des Abschnitts a allerdings gemindert. Nach 10 bis 20 km ist die Lichtleistung des opti-

schen Signals so weit abgeklungen, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Nichtlinearitäten vernachlässigbar gering wird. Die optischen Signale werden dann an der Übergangsstelle U in die als Niederpegelfasern ausgebildeten Fasern N des in der Regel deutlich längeren und bis zum Empfänger E oder zu einem  
5 Zwischenverstärker V reichenden Abschnitts b geleitet. Aufgrund der geringeren Dispersion und des kleineren Modenfelddurchmessers der danach für die Übertragung mit einer bestimmten Bitrate optimierten Fasern N ergibt sich eine hohe Ausnutzung der Bandbreite des Lichtwellenleiterkabels.

Die zuvor beschriebene Anordnung des Lichtwellenleiterkabels gemäß Fig. 2a  
10 eignet sich jedoch nur für einen unidirektionalen Betrieb, da ein Einkoppeln von optischen Signalen mit hoher Leistung in die als Niederpegelfasern ausgebildeten Fasern N am Ende des Abschnitts b nicht zu den oben beschriebenen Vorteilen führt. Eine für den bidirektionalen Betrieb geeignete Anordnung ist in Fig. 2b ge-  
zeigt. Bei dieser Ausführungsform eines Lichtwellenleiterkabels ist ein zweiter Ab-  
15 schnitt b zwischen zwei ersten Abschnitten a angeordnet, so daß optische Signale von beiden Enden des Lichtwellenleiterkabels her mit hoher Leistung eingekoppelt werden können, ohne Gefahr zu laufen, daß nichtlineare Störungen auftreten.

In Fig. 2c ist die Übergangsstelle U zwischen dem Abschnitt a und dem Abschnitt b detaillierter dargestellt. Zu erkennen ist ein Übergangsstück T, das zwischen den  
20 Fasern des ersten Typs H und den Fasern des zweiten Typs N vorgesehen ist. Durch das Übergangsstück T wird der Durchmesser des Kernglases der Fasern des ersten Typs H über eine dem jeweiligen Anwendungsfall entsprechende Länge, die in der Regel wenigstens 100 Wellenlängen beträgt, allmählich auf den Kerndurchmesser der Fasern des zweiten Typs N reduziert. Wird, wie oben be-  
25 reits dargetan, ein Fusionsspleiß zum Verschweißen der als Hochpegelfasern ausgebildeten Fasern H mit den als Niederpegelfasern N ausgebildeten Fasern N verwendet, so läßt sich ein sich in Richtung auf den kleineren Durchmesser konisch verjüngendes Übergangsstück T dadurch bilden, daß das Ende der als Hochpegelfaser ausgebildeten Fasern H in die Länge gezogen und dadurch ver-  
30 engt wird. Die Lichtstrahlen im Inneren des Kernglas durchlaufen auf diese Weise einen trichterförmigen Engpaß.

Die Fig. 3a und 3b lassen erkennen, daß das bei den Anordnungen gemäß den Fig. 2a bis 2c eingesetzte Lichtwellenleiterkabel in den Abschnitten a und b sowohl mit Fasern des ersten Typs H als auch mit Fasern des zweiten Typs N versehen sein kann. Eine solche einheitliche Kabelstruktur stellt eine einfache und kostengünstige Fertigung sicher. Um zudem eine eindeutige Zuordnung und Identifizierung von als Hochpegelfaser ausgebildeten Fasern H und als Niederpegelfasern ausgebildeten Fasern N zu gewährleisten, die zu einer praxisgerechten Montage beiträgt, sind die Fasern H und die Fasern N in voneinander separierten Gruppen angeordnet. Fig. 3a zeigt eine Gruppierung, bei der die als Bündeladern ausgebildeten Fasern H, N um eine Kabelseele K herum angeordnet sind. Die Kabelseele K, etwa ein Stab aus GFK, dient der thermischen und mechanischen Stabilisierung des Lichtwellenleiterkabels. Eine solche Verseilung bietet überdies den Vorteil, daß eine Dehnung der einzelnen Fasern H, N gegenüber der Dehnung des gesamten Lichtwellenleiterkabels weitgehend unabhängig wird. Fig. 3b hingegen zeigt eine Gruppierung, bei der die Fasern des ersten Typs H und die Fasern des zweiten Typs N jeweils als Faserbändchen ausgebildet sind.

Mit dem zuvor beschriebenen Lichtwellenleiterkabel ist es möglich, bei einer insgesamt relativ geringen Dämpfung auf einfache Art und Weise eine Nichtlinearitäten vermeidende Dispersion zu gewährleisten. Grund hierfür ist vor allem das Vorsehen wenigstens zweier mit als Hochpegelfasern H beziehungsweise Niederpegelfasern N versehener Abschnitte a, b. Dabei ist es auch möglich, daß das Lichtwellenleiterkabel eine Struktur aufweist, bei der in den Abschnitten a, b zugleich als Hochpegelfasern ausgebildete Fasern H und als Niederpegelfasern ausgebildete Fasern N vorhanden sind. Je nach Anwendungsfall können solch gemischte Abschnitte auch mit uniformen Abschnitten eines einzigen Fasertyps kombiniert sein. Nicht zuletzt wird durch die Gruppierung der Fasern N, H in gemischten Abschnitten einer praxisgerechten Verkabelung Rechnung getragen.

### Bezugszeichenliste

- a erster Abschnitt
- b zweiter Abschnitt
- c Abschnitt aus Monomodefasern oder NZDS-Fasern
- 5 d1 Abschnitt aus Fasern mit positiver Dispersion
- d2 Abschnitt aus Fasern mit negativer Dispersion
- E Empfänger
- H Hochpegelfaser
- K Kabelseele
- 10 N Niederpegelfaser
- S Sender
- T Übergangsstück
- U Übergangsstelle
- V Verstärker

## Patentansprüche

1. Lichtwellenleiterkabel, insbesondere zum Übertragen von optischen Signalen nach der Wellenlängenmultiplextechnik, mit wenigstens einem ersten Abschnitt (a), der Fasern eines ersten Typs (H) aufweist, und wenigstens einem zweiten Abschnitt (b), der Fasern eines zweiten Typs (N) aufweist, wobei die Fasern des ersten Typs (H) an wenigstens einer Übergangsstelle (U) zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt (a, b) mit den Fasern des zweiten Typs (N) verbunden sind und wobei die Fasern des ersten Typs (H) derart ausgebildet sind, daß sie einen größeren Modenfelddurchmesser und eine höhere Dispersion aufweisen als die Fasern des zweiten Typs (N).
2. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Abschnitt (b) zwischen zwei ersten Abschnitten (a) angeordnet ist.
3. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern des ersten Typs (H) bei einer Wellenlänge von 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 8  $\mu\text{m}$  aufweisen.
4. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern des zweiten Typs (N) bei einer Wellenlänge von 1550 nm einen Modenfelddurchmesser von mehr als 6  $\mu\text{m}$  aufweisen.
5. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Modenfelddurchmesser der Fasern des zweiten Typs (N) um weniger als 3  $\mu\text{m}$  kleiner ist als der Modenfelddurchmesser der Fasern des ersten Typs (H).
6. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Dispersion der Fasern des ersten Typs (H) in einem Übertragungsband von 1525 nm bis 1625 nm zwischen 12 ps/(nm·km) und 22 ps/(nm·km) beträgt.
7. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet**, daß die Dispersion der Fasern des zweiten Typs (N) in einem Übertragungsband von 1525 nm bis 1625 nm zwischen 0 ps/(nm·km) und 12 ps/(nm·km) beträgt.

- 5 8. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß an der Übergangsstelle (U) zwischen den Fasern des ersten Typs (H) und den Fasern des zweiten Typs (N) ein Übergangsstück (T) vorgesehen ist, das den Kerndurchmesser der Fasern des ersten Typs (H) über eine vorgegebene Länge allmählich auf den Kerndurchmesser der Fasern des zweiten Typs (N) reduziert.

- 10 9. Lichtwellenleiterkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der erste und/oder der zweite Abschnitt (a, b) sowohl mit Fasern des ersten Typs (H) als auch mit Fasern des zweiten Typs (N) versehen ist.

- 15 10. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern des ersten Typs (H) und die Fasern des zweiten Typs (N) in voneinander separierten Gruppen angeordnet sind.

- 20 11. Lichtwellenleiterkabel nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern des ersten Typs (H) und die Fasern des zweiten Typs (N) jeweils als Faserbündel, Faserbändchen oder Bündeladern ausgebildet sind.

- 25 12. Verfahren zum Übertragen von optischen Signalen, insbesondere nach der Wellenlängenmultiplextechnik, bei dem die zu übertragenden optischen Signale in Fasern eines ersten Typs (H), die in einem ersten Abschnitt (a) eines Lichtwellenleiterkabels vorgesehen sind, eingekoppelt und nach einer bestimmten Übertragungsstrecke in Fasern eines zweiten Typs (N), die in einem zweiten Abschnitt (b) des Lichtwellenleiterkabels vorgesehen sind, geleitet werden, wobei die Fasern des ersten Typs (H) an wenigstens einer Übergangsstelle (U) zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt (a, b) mit den Fasern des zweiten Typs (N) verbunden sind und wobei die Fasern des
- 30

ersten Typs (H) einen größeren Modenfelddurchmesser und eine höhere Dispersion aufweisen als die Fasern des zweiten Typs (N).

13. Verfahren nach Anspruch 12,

5 **dadurch gekennzeichnet**, daß die zu übertragenden optischen Signale nach einer bestimmten Übertragungstrecke durch die Fasern des zweiten Typs (N) des zweiten Abschnitts (b) in Fasern des ersten Typs (H) eines weiteren ersten Abschnitts (a) geleitet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

10 **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtwellenleiter des Lichtwellenleiterkabels durch eine Anschlußfaser oder ein Patchkabel an einen Sender (S), einen Empfänger (E) oder einen zwischen Sender (S) und Empfänger (E) vorgesehenen Verstärker (V) gekoppelt werden.



## Zusammenfassung

Ein Lichtwellenleiterkabel, das sich bei relativ geringer Dämpfung durch eine Nichtlinearitäten vermeidende Dispersion auszeichnet, umfaßt wenigstens einen ersten Abschnitt (a), der als Hochpegelfaser ausgebildete Fasern eines ersten Typs (H) aufweist, und wenigstens einen zweiten Abschnitt (b), der als Niederpegelfaser ausgebildete Fasern eines zweiten Typs (N) aufweist, wobei die Fasern des ersten Typs (H) an wenigstens einer Übergangsstelle (U) zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt (a, b) mit den Fasern des zweiten Typs (N) verbunden sind und wobei die Fasern des ersten Typs (H) einen größeren Modenfelddurchmesser und eine höhere Dispersion aufweisen als die Fasern des zweiten Typs (N).

Darüber hinaus wird ein Verfahren zum Übertragen von optischen Signalen vorgeschlagen, bei dem die zu übertragenden optischen Signale in Fasern des ersten Typs (H) eines ersten Abschnitts (a) eines solchen Lichtwellenleiterkabels eingekoppelt und nach einer bestimmten Übertragungstrecke in Fasern des zweiten Typs (N) eines zweiten Abschnitts (b) des Lichtwellenleiterkabels gespeist werden.

(Fig. 2a)

Cs

1/2

Fig. 1a  
(Stand der Technik)

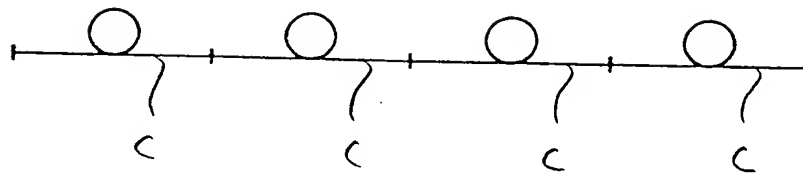


Fig 1b  
(Stand der Technik)

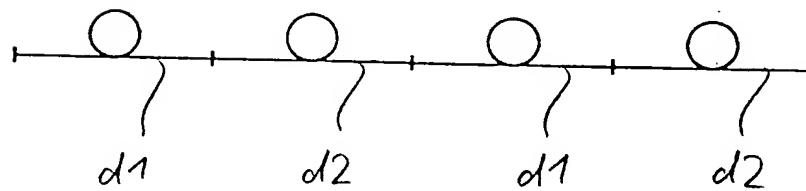


Fig. 3a

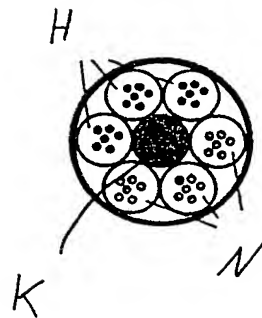
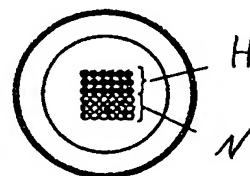


Fig. 3b



2/2

Fig. 2a

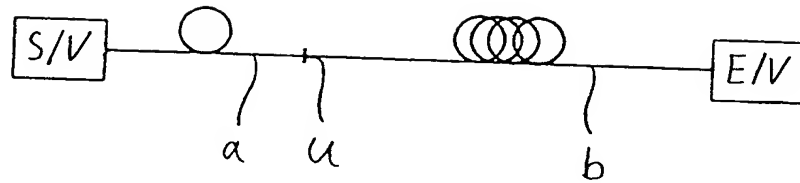


Fig. 2b

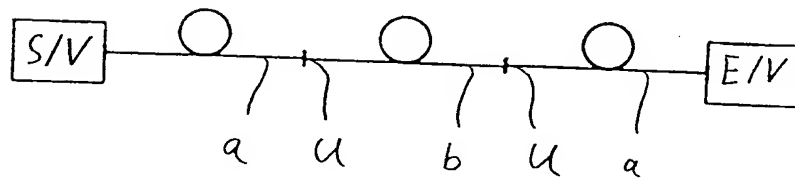
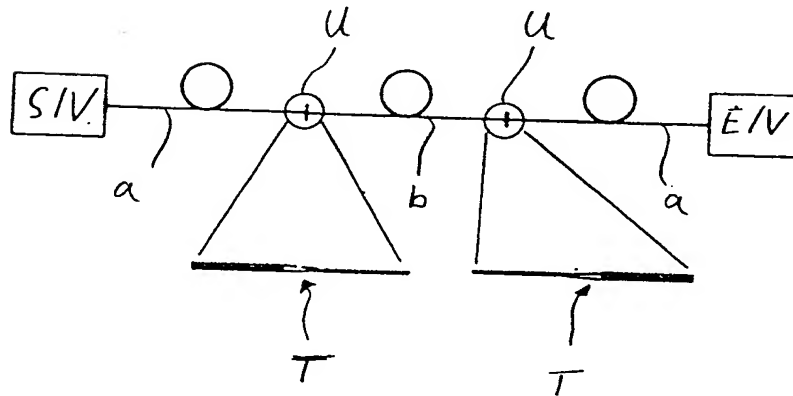


Fig. 2c





Creation date: 11-06-2003  
Indexing Officer: LTOUCH - LY TOUCH  
Team: OIPEBackFileIndexing  
Dossier: 10016316

Legal Date: 03-19-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	IDS	2
2	NPL	2

Total number of pages: 4

Remarks:

Order of re-scan issued on .....